

УДК 669.72

С. Л. Демаков, О. А. Коэмец, Ю. Н. Оленева*

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*olenevajull@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРИОДОВ РЕШЕТКИ ОРТОРОМБИЧЕСКОГО МАРТЕНСИТА В ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ

Методом РФСА и металлографии проведено исследование по влиянию деформации на изменение периодов решетки орторомбического мартенсита в закаленном титановом сплаве Ti–1,4Al–10,5Mo (масс. %). Обнаружено, что в образцах, закаленных от критических и более высоких температурах закалки (785 °C и 850 °C) изменение периодов решетки мартенсита при малых степенях деформации (до 5 %) происходит немонотонно.

Ключевые слова: титановый сплав мартенситного класса, орторомбический мартенсит, период решетки, РФСА

S. L. Demakov, O. A. Koemets, Y. N. Oleneva

EFFECTS OF DEFORMATION ON EVOLUTION OF ORTOROMBIC MARTENSITE LATTICE PERIODS IN TITANIUM ALLOY

The study was carried out by methods of XPDA and metallography the effect of deformation on the change of lattice periods of orthorhombic martensite in a hardened titanium alloy Ti-1,4Al-10,5Mo (wt. %). It was discovered that in samples hardened from critical and higher quenching temperatures of 785 °C and 850 °C, the change in the lattice periods of martensite At low degrees of deformation up to 5 % of a load occurs non-monotonically.

Key words: titanium alloy of martensite class, orthorhombic martensite, lattice period, XPDA

Высокотемпературная β -фаза в титановых сплавах может претерпевать β - α'' -мартенситное превращение как при закалке, так и при холодной деформации. Целью исследования было изучить влияние степени деформации на периоды решетки орторомбического

α »-мартенсита, полученного как в результате закалки, так и возникшего при деформации метастабильной β -фазы в титановом сплаве Ti-1,4Al-10,5Mo (масс. %).

Обработка сплава была условно разделена на два этапа. Образцы для механических испытаний с диаметром рабочей части 3 мм закалывались в воду от температур 780 °С, 785 °С, 850 °С [1]. Закаленные образцы деформировали со скоростью $0,35 \times 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ в испытательной машине Instron 3382 по схеме одноосного растяжения. Контроль степени деформации осуществлялся при помощи механического экстензометра. По достижении относительного удлинения 2,5; 5 и 7,5 % до разрыва нагрузка снималась и устанавливался следующий образец. Далее образцы разрезали в продольной плоскости, после шлифовки и электрополировки производили съемку на дифрактометре Bruker D8 Advance.

Анализ микроструктуры сплава после закалки от температур 780 °С и 785 °С показал, что первичная α -фаза имеет преимущественно глобулярную форму, на участках зафиксированной высокотемпературной β -фазы мартенситных пластин не обнаружено. В случае закалки от 850 °С, структура не имела первичной α -фазы, в β -матрице произошло превращение с образованием α »-мартенсита пластинчатой морфологии.

Согласно кривым деформации (рис. 1) наиболее низким пределом текучести (200 МПа) обладали образцы, закаленные с 785 °С. Изменение температуры закалки приводило к повышению предела текучести. При $T_z = 780 \text{ °С}$ предел текучести составил 240 МПа, наиболее высокий предел текучести (490 МПа) зафиксирован при $T_z = 850 \text{ °С}$. Подобные значения предела текучести уже фиксировали в работе [1], где его связывали с протеканием деформационно индуцированного мартенситного превращения. На кривых растяжения за пределом текучести присутствует пологий участок. Наиболее выражен этот участок на кривой образцах, закаленных с температур 780 и 785 °С (рис. 1, а, б). На кривой образцов, закаленных с 850 °С этот участок присутствует, но выражен слабо (рис. 1, в). Расчет дифрактограмм деформированных образцов позволил определить периоды решетки мартенсита и ромбичность решетки ($R = \sqrt{3} a/b$), значения которых приведены в таблице.

Таблица

Периоды решетки мартенсита в зависимости от обработки

$T_3, ^\circ\text{C}$	a , нм	b , нм	c , нм	R
850	0,3047	0,4931	0,4644	1,07
785+2,5 %ε	0,3064	0,4894	0,463	1,084
780+2,5 %ε	0,308	0,489	0,4625	1,091

Рисунки 1 и 2 демонстрируют относительное изменение периодов решетки мартенсита при повышении нагрузки.

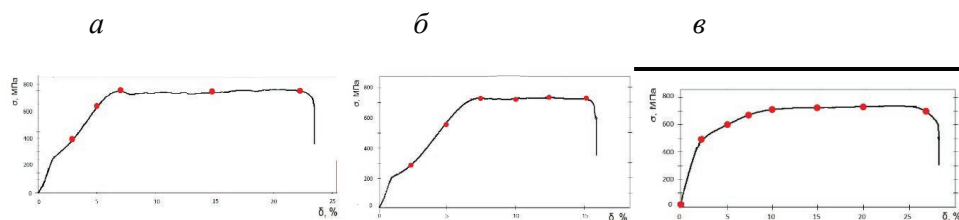


Рис. 1. Объединенные кривые деформации закаленных образцов сплава Ti–10,5Mo–1,5Al при температурах закалки:

$a - T_3 = 780 ^\circ\text{C}$, $б - T_3 = 785 ^\circ\text{C}$, $в - T_3 = 850 ^\circ\text{C}$

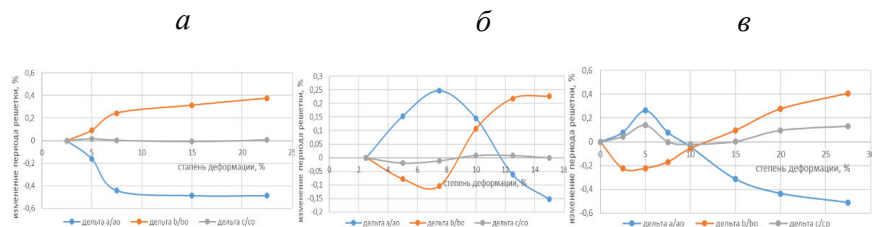


Рис. 2. Зависимости изменения периодов решетки от степени деформации закаленных образцов сплава Ti–10,5Mo–1,5Al при температурах закалки:

$a - T_3 = 780 ^\circ\text{C}$, $б - T_3 = 785 ^\circ\text{C}$, $в - T_3 = 850 ^\circ\text{C}$

Анализ данных, представленных на рис. 1 показал, что повышение нагрузки сопровождается монотонным изменением периодов «а» и «b», но эти изменения протекают разнонаправленно: период «а» — уменьшается на 0,6 % при максимальной степени деформации, период «b» — увеличивается примерно на 0,3 %, период «с» — изменялся незначительно. Более сложную картину изменения периодов можно

наблюдать на рис. 2 в случаях закалки при t 780 и 785 °С. Относительное изменение периодов имеет перегиб по мере нарастания нагрузки: период «а» — увеличивается, затем наблюдается его падение, зеркально себя ведет период «b» — сначала уменьшается, а потом увеличивается, период «с» практически не изменяется при деформации.

Обнаруженные явления можно объяснить тем, что при температуре закалки 780 °С образуется мартенсит с высокой ромбичностью решетки (более чем 1,09). Порции мартенсита, возникающие при последующей деформации обладают такой же ромбичностью решетки. По мере исчерпания β -фазы деформация мартенсита приводит к снижению показателя ромбичности. В случае закалок с более высокой температуры, как закалочный так и деформационно индуцированный мартенсит обладает меньшей ромбичностью 1,07 и 1,08 соответственно. Далее, при деформации из остаточной β -фазы, образуется мартенсит с высокой ромбичностью, что приводит к суммарному повышению периода «а» и уменьшению периода «b». По исчерпанию остаточной β -фаза периоды ведут себя закономерно: «а» — уменьшается, «b» — увеличивается.

Литература

1. Попов А. А., Илларионов А. Г., Степанов С. И. Влияние температуры закалки на структуру и свойства титанового сплава. Физико-механические свойства // ФММ, Т. 115. № 5. С. 549–554.